

Docket No.: 58799-034

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Yoichi OSE, et al.

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: January 25, 2001

Examiner:

For: SCANNING ELECTRON MICROSCOPE



**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:


In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2000-017991;  
Filed January 25, 2000

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Michael E. Fogarty  
Registration No. 36,139

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 MEF:ykg  
**Date: January 25, 2001**  
Facsimile: (202) 756-8087

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

1199-61 US  
58799-034  
January 24, 2001  
OSE, et al  
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 1月25日

出願番号  
Application Number:

特願2000-017991

出願人  
Applicant(s):

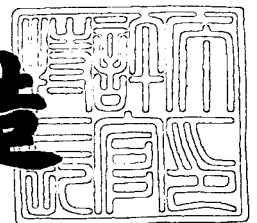
株式会社日立製作所



2000年11月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3093068

【書類名】 特許願

【整理番号】 1199000611

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01J 37/147

【発明の名称】 走査電子顕微鏡

【請求項の数】 9

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地  
                                 株式会社 日立製作所 計測器グループ内

    【氏名】 小瀬 洋一

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地  
                                 株式会社 日立製作所 計測器グループ内

    【氏名】 戸所 秀男

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地  
                                 株式会社 日立製作所 計測器グループ内

    【氏名】 江角 真

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

    【識別番号】 100075096

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 作田 康夫

    【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 013088

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 走査電子顕微鏡

【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子源と、当該電子源から放出される一次電子ビームの試料に対する照射位置を移動する二段の偏向器から構成されるイメージシフト偏向器と、前記一次電子ビームを収束する対物レンズを有する走査電子顕微鏡において、

前記対物レンズは前記試料に向かって磁極が開放され、且つ前記二段の偏向器の内、下段に配置される偏向器は静電偏向電極よりなると共に当該電極は前記対物レンズと試料との間に配置されることを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項2】

請求項1において、

前記下段に配置される偏向器は、前記対物レンズが発生する磁界による前記一次電子線の軸ずれを抑制するような電界を発生することを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項3】

請求項1において、

前記イメージシフト偏向器は、前記一次電子線を試料上で走査する走査偏向器を兼ねることを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項4】

請求項1において、

前記静電偏向電極は、八極子偏向器であることを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項5】

請求項4において、

前記八極子偏向器は、絶縁性の基板に前記一次電子ビームの通過開口と、当該通過開口より放射状に切られた絶縁スリットを有し、前記通過開口の周囲は導電性であることを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項6】

請求項5において、

前記絶縁性の基板は、前記一次電子線の通過開口周囲に円筒状の導電部を備え、前記対物レンズの一次電子ビーム通過口内に挿入されることを特徴とする走査電子顕微鏡。

#### 【請求項 7】

請求項 4 において、

前記八極子偏向器は、その一部を前記対物レンズの一次電子ビーム通過口内に挿入する構造であると共に、前記八極子偏向器の偏向電界を部分的に遮断するシールド電極を備えたことを特徴とする走査電子顕微鏡。

#### 【請求項 8】

請求項 1 において、

前記試料から発生した二次信号を検出する二次信号検出器を備え、当該二次信号検出器は、前記試料に対する一次電子ビームの照射に起因して発生する高加速の電子を二次電子に変換する二次電子変換電極を含むことを特徴とする走査電子顕微鏡。

#### 【請求項 9】

電子源と、電子源から発生した一次電子ビームを収束する対物レンズと、前記一次電子ビームを試料上に走査する走査偏向手段と、前記走査中心を移動するイメージシフト偏向手段と、一次電子ビームの照射により試料から発生する二次信号を検出する二次信号検出器と、レーザ光線による試料の高さ検出手段を含み、試料の二次元走査像を得る走査電子顕微鏡において、

該イメージシフト偏向手段は多極子の静電偏向電極より構成され、該レーザ光線は該多極子間の絶縁スリット部を透過することを特徴とする走査電子顕微鏡。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、検査する試料表面に電子ビームを走査し、試料から発生する二次信号を検出することで試料表面の形状あるいは組成等を表わす二次元の走査像を得る走査電子顕微鏡に関し、特に半導体ウェハ試料上の数十点の検査位置に高速に観察点を移動し高スループットでかつ高分解能の走査像を得るのに好適な走査電

子顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】

走査電子顕微鏡（以下SEMと略す）は、加熱形または電界放出形の電子源から放出された電子を加速し、静電または磁界レンズを用いて細い電子ビーム（一次電子ビーム）とし、この一次電子ビームを観察する試料上に二次元状に走査し、一次電子ビーム照射で試料から二次的に発生する二次電子または反射電子等の二次信号電子を検出し、検出信号強度を一次電子ビームの走査と同期して走査されるブラウン管の輝度変調入力とすることで二次元の走査像を得る。

【0003】

近年、半導体産業の微細化が進んだことから、SEMが光学顕微鏡に代わって、半導体素子製作のプロセスまたはプロセス完成後の検査（例えば電子ビームによる寸法測定や電氣的動作の検査）に使われるようになった。絶縁物が使われている半導体産業の試料（ウェハ）では、絶縁物を帯電することなく観察できる1 kV以下の低加速電圧が必要である。しかし、一般のSEMでは、低加速電圧1 kVの分解能は約10 nmであった。半導体の微細化に伴い、より高分解能が得られる低加速電圧のSEMが要求されるようになった。その解決方法として、例えば、特開平9-171791号記載のリターディング方式及びブースティング方式が開発され、最良の観察条件では約3 nmの分解能が得られている。

【0004】

半導体素子製作のプロセスまたはプロセス完成後の検査に用いるに当たっては、半導体ウェハ上の数十点の検査位置に高速に観察点を移動しスループットを向上することが必須である。このため、高速移動可能な試料ステージが開発されているが、その位置精度は数ミクロン程度である。機械的に試料ステージをナノメートルオーダーで制御することは、移動速度と製作コストの面で実用的ではない。そこで、通常これ以上高精度な位置合わせは、電氣的に一次電子の走査中心座標を移動するイメージシフト方式が採用されている。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

図2(1)には、従来のSEMのイメージシフト方式を示している。なお、軌道は横方向に100倍拡大表示した数値シミュレーション結果である。例えば、電子銃(図示せず)で加速された5keVの一次電子ビーム1は上下二段のイメージシフト偏向器18と19により実効的対物レンズの中心に向けて二段偏向される。但し、数値シミュレーション結果から明らかなように実際の一次電子ビーム1は実効的対物レンズの中心を通過する訳ではなく、中心軸から離れた位置で螺旋軌道を描く。さらに、試料13に-4.2kVを印加することにより一次電子ビーム1を800eVまで減速するリターディング方式を採用しているため、対物レンズの倍率は通常1/50程度となる。従って、試料13上での一次電子ビーム1の入射位置を20 $\mu$ m移動するためには、イメージシフト偏向器18と19は予め一次電子ビーム1を1mm程度まで偏向しておく必要がある。偏向角度が大きくなると対物レンズの軸外の収差が増大し、分解能が大幅に劣化する。また、一次電子ビーム1が試料13に約3度で斜め入射するので寸法測定精度が劣化する。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は前述したイメージシフトによる移動量が多い場合にも分解能および寸法測定精度の劣化が少ない、高効率なイメージシフト方式を提供するものである。本発明では、上下二段のイメージシフト偏向器のうち下段のイメージシフト偏向器を多極子の静電偏向電極より構成し、かつ実効的な対物レンズの内部に配置する。

## 【0007】

図2(2)は上記した本発明の特徴的構成と作用を示している。なお、軌道は横方向に100倍拡大表示した数値シミュレーション結果である。電子銃(図示せず)で加速された5keVの一次電子ビーム1は上段のイメージシフト偏向器20により中心軸外に偏向される。中心軸外から対物レンズに入射した一次電子ビーム1は対物レンズの作る磁界により旋回運動を開始するローレンツ力を受け



、中心軸に収束しようとする。磁界によるローレンツ力を打ち消すように下段のイメージシフト偏向器30を用いて電界を印加することにより、一次電子ビーム1をほぼ直進させ試料13に到達させることができる。即ち、一次電子ビーム1の入射位置を $20\mu\text{m}$ 移動するためには、イメージシフト偏向器20による偏向量もほぼ $20\mu\text{m}$ で足りるため、中心軸からずれたことによる軸外収差によって分解能が劣化することが少ない。さらに、一次電子ビーム1が試料13にほぼ垂直(約 $0.1$ 度)に入射するので寸法測定精度の劣化も少ない。

## 【0008】

## 【発明の実施の形態】

図1に、本発明によるSEMの実施例を示す。陰極4と引出電極5との間に引出電圧6を印加すると、電子が放出される。放出された電子は、引出電極5と接地電圧にある陽極8の間でさらに加速(減速の場合もある)される。陽極8を通過した一次電子ビーム1の加速電圧は電子銃加速電圧7と一致する。陽極8で加速された一次電子ビーム1はコンデンサレンズ9で絞られる。一次電子ビーム1の開き角あるいはビーム電流量は下流に置かれた絞り11で決められる。絞り11のセンタリングはつまみ12で行う。

## 【0009】

絞り11を通過した一次電子ビーム1は、走査偏向機能を兼ねたイメージシフト偏向器20と30によってイメージシフトされると共に試料13上を二次元走査される。すなわち、偏向器20と30の偏向強度は、対物レンズ10内で一次電子ビーム1が直進するように調整されている。偏向制御電源40によって偏向器20と30の偏向強度を走査偏向成分とイメージシフト偏向成分とを重畳して入力することにより走査偏向機能とイメージシフト偏向機能を兼ね備えることができる。また、一次電子ビーム1は、試料ステージ14を介して試料13に印加した負のリターディング電圧15のため、対物レンズ10と試料13間の減速電界で減速され、かつ対物レンズ10のレンズ作用で試料13上に細く絞られる。

一次電子ビーム1が試料13を照射すると二次信号電子2が発生する。ここで考慮する二次信号電子2は二次電子と反射電子である。対物レンズ10と試料13間に作られている電界は、発生した二次信号電子2に対しては加速電界とし

て作用するため、対物レンズ10の電子ビーム通過孔内に吸引され、対物レンズ10の磁界でレンズ作用を受けながら上昇する。上昇した二次信号電子2は変換電極16に高エネルギーで衝突し、新たな二次電子3を発生する。この二次電子3は正の約10kVの高電圧を印加したシンチレータ17に吸引され、シンチレータ17に衝突した際、光を発生する。図示していないが、この光をライトガイドで光電子増倍管に導き、電気信号に変換し、増幅した後、この出力でブラウン管の輝度変調を行う。

## 【0010】

本実施例では、上の偏向器20は磁界偏向、下の偏向器30は静電偏向としているが、上の偏向器20を静電偏向にしてもよい。同様に下の偏向器30を磁界偏向とすることが可能であるが、対物レンズ10近傍のスペースが狭いことを考慮すれば、下の偏向器30は静電偏向とすることが適当である。

## 【0011】

偏向制御電源40が上の偏向器20に出力するイメージシフトの偏向強度 $I_{IS}$ は、次式で与えられる。

## 【0012】

【数1】

$$I_{IS} = K_1 \frac{\sqrt{V_{acc}}}{LM_{SEM}}$$

## 【0013】

ここで、 $K_1$ は偏向感度の換算係数、 $M_{SEM}$ は観察倍率、 $V_{acc}$ は一次電子ビーム1の加速電圧、 $L$ は上の偏向器20から試料13までの距離である。一方、下の偏向器30に出力するイメージシフトの偏向強度 $V_{IS}$ は、次式で与えられる。

## 【0014】

【数2】

$$V_{IS} = K_2 I_{IS}$$

ここで、 $K_2$ は偏向感度の換算係数である。ただし、上の磁界偏向器20の磁

界の方向と下の静電偏向器30の電界の方向はおおよそ90度ずれている。対物レンズ10に前磁場がある場合にはこの角度は90度からずれてくるが、予め数値シミュレーションや実験から求めておくことができる。

## 【0015】

この構成によれば、移動量の大きなイメージシフトが可能であるばかりでなく、コンデンサレンズ9と対物レンズ10の間に一つの偏向器20だけを配置すればよいので、光学系の全長を短くできる。

## 【0016】

図3は本発明の他の実施例である。この実施例では、従来のSEMにある二段の走査偏向器18と19をそのまま流用し、本発明のイメージシフト偏向器20と30を追加した構成としている。すなわち、絞り11を通過した一次電子ビーム1は、走査偏向器18と19で試料13上を二次元走査される。偏向制御電源40は、イメージシフト用の上の偏向器20には移動量に応じた偏向強度 $I_{IS}$ と、下の偏向器30には対物レンズ10内で一次電子ビーム1が直進するように調整された偏向強度 $V_{IS}$ を出力している。

## 【0017】

この構成によれば、容易に従来の装置に組み込んでイメージシフト機能を向上し、分解能と寸法測定精度を向上することができる。

## 【0018】

次に、イメージシフト偏向器20および30の詳細を図4と図5を用いて説明する。上の偏向器20は従来の走査偏向器と同じ構成である。一次電子の通過する光軸近傍の偏向磁場の均一性を確保するため、走査コイル21乃至24はいわゆるコサイン分布巻きを採用している。この走査コイルを90度毎に4個組み合わせ、電子ビームの偏向方向と走査コイルの配置角度 $\phi$ のコサインでコイル電流を調整することにより、任意の方向への偏向を行う。通常、対向する走査コイル21と23は電流の絶対値が等しく、向きだけが逆なので、結線を逆にすると一つの電源で両方の走査コイルに電流を流すことができる。走査コイル22と24についても同様である。

## 【0019】

一方、下の偏向器30は八極子静電偏向電極である。先に述べた対物レンズと試料との狭い隙間に挿入するため、円盤形状としている。1/8セクタの電極を組み合わせて八極子静電偏向電極とすることも可能であるが、組立精度の確保と組立コストの削減のため、以下のような制作方法を採用する。数mm厚の絶縁性の円盤に電子ビーム通過孔と通過孔より放射状の絶縁スリットを設ける。電子ビーム通過孔の周囲の正面裏面、電子ビーム通過孔及び絶縁スリット側面は、導電性物質の蒸着或いはメッキ等により導電性を施すことにより、八極子静電偏向電極31～38を実現する。任意の方向へ任意移動量だけ偏向できるように各電極の電圧は電子ビームの偏向方向と各電極の配置角度 $\theta$ のコサインで電圧を印加する。角度ずれ $\Delta\phi$ は上の偏向器20と下の偏向器30の間のレンズ磁場による一次電子ビームの回転角度に相当する。

## 【0020】

図6及び図7は対物レンズ10の主面が対物レンズ10の底面より上、即ちビーム通過孔内部に存在する場合に適する下段のイメージシフト偏向器30の構造を示す。対物レンズ10のビーム通過孔に上から挿入する図6の実施例では、偏向器30の絶縁基盤はロート形状とし、先頭部分は8分割され、上述した方法で導電性を施されている。シールド電極39は、偏向器30の絶縁部分からの帯電影響の防止と対物レンズ磁場の無い領域への偏向電界の生成を防止している。一方、図7は対物レンズ10のビーム通過孔に下から挿入する実施例である。偏向器30の絶縁基盤はビーム通過孔周辺が円筒状になった円盤とし、円筒部分及びこの周辺部分は8分割され、上述した方法で導電性を施されている。なお、対物レンズ磁場の分布形状に応じて円筒部分是对物レンズ10の方向だけでなく、試料13側に延長する場合もある。偏向制御電源40は通常接地電位を基準に電圧を印加し、電子ビームの偏向を行うが、基準電位を電源49でオフセットすることにより、試料13の表面電界を調整することができる。これは、絶縁物試料の観察において、帯電や表面電位の調整に有効である。また、レーザ光線を用いた試料の高さ検出手段を備える場合にも、以下のように本偏向器30を容易に取り付けることができる。すなわち、レーザ発光素子51がレーザ光線52を試料

1 3 に対して斜めに照射すると、試料 1 3 で反射されてポジションセンサ 5 3 で検出されるレーザ光線 5 2 の位置は試料 1 3 の高さに応じて変化する。そこで、ポジションセンサ 5 3 を用いて反射レーザ光線の位置変化を測定することにより、試料 1 3 の高さ変化を測定する。照射及び反射のレーザ光線 5 2 が八極子偏向電極 3 0 の絶縁スリットを透過するように配置することは、八極子偏向電極 3 0 の構造からして容易であることが分かる。

## 【 0 0 2 1 】

本発明実施例装置によるイメージシフトは、対物レンズのローレンツ力を考慮し、第 1 段目の偏向器で軸外に電子線を偏向し、対物レンズのローレンツ力による軸ずれを抑制し、且つ試料に電子線が直進するように第 2 の偏向器によって静電偏向を行っているので、電子線の偏向角度が大きくなることによる軸外収差を抑制することができ、分解能を向上させることができる。

## 【 0 0 2 2 】

また下磁極開放形の対物レンズの下磁極と試料との間に第 2 段目の偏向器に静電偏向器を採用しているので、短焦点化を実現のもとに形成されたレンズの焦点を増大することなく上記偏向を行うことができる。

## 【 0 0 2 3 】

以上本発明によれば、対物レンズの焦点を短くすることによる収差低減と、イメージシフトの際の偏向角の抑制による軸外収差低減を両立できる走査電子顕微鏡の提供が可能になる。

## 【 0 0 2 4 】

## 【発明の効果】

本発明によれば、イメージシフトによる移動量が大きい場合にも分解能および寸法測定精度が高い SEM を実現できる。従って、大面積ウェハかつ超微細化された半導体素子のプロセスにおいて、高精度かつ高スループットの検査が可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

下段のイメージシフト偏向器が静電偏向電極より構成された本発明の走査電子

顕微鏡の全体構成。

【図 2】

従来の二段偏向イメージシフト方式の問題点を説明する図（１）と本発明のイメージシフトの効果の説明する図（２）。

【図 3】

従来の二段走査偏向方式に本発明のイメージシフト偏向器を追加した走査電子顕微鏡の全体構成。

【図 4】

本発明の上段のイメージシフト偏向器の上面図。

【図 5】

下段のイメージシフト偏向器である八極子静電偏向電極の上面図。

【図 6】

下段のイメージシフト偏向器の第 2 の実施例の構造図。

【図 7】

下段のイメージシフト偏向器の第 3 の実施例の構造図。

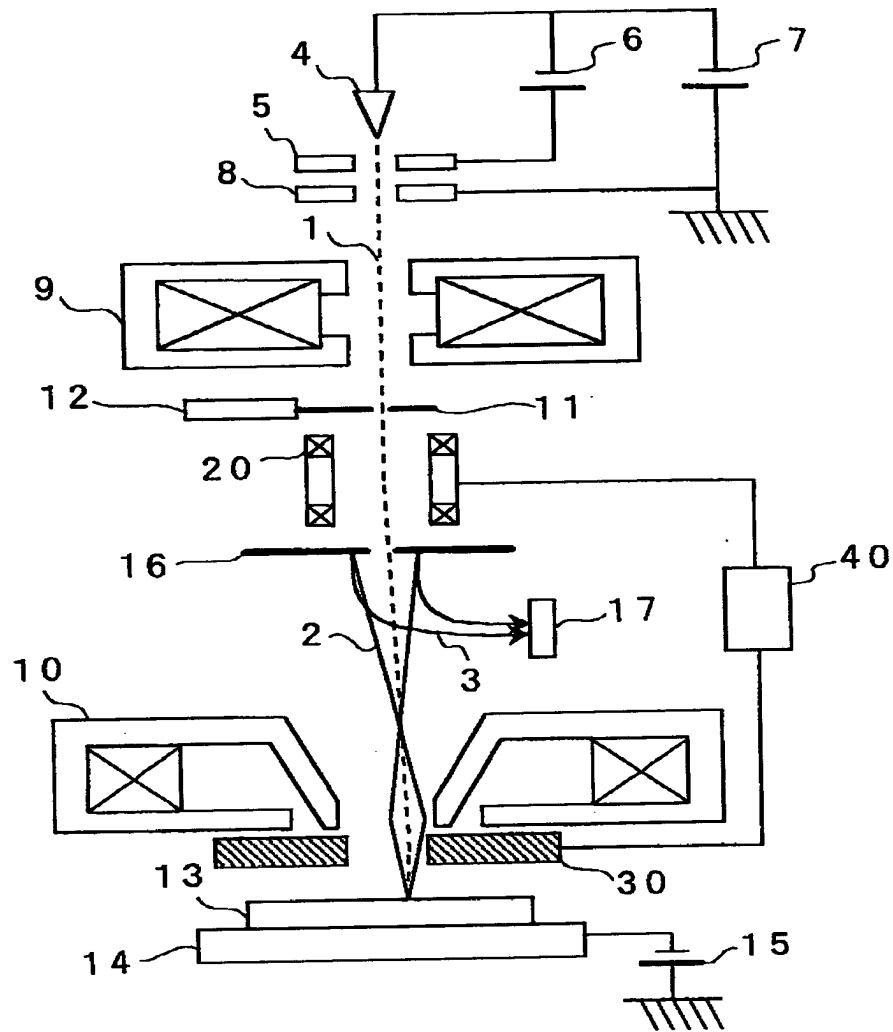
【符号の説明】

1…一次電子ビーム、2…二次信号電子、3…変換電極で発生した二次電子、4…陰極、5…引出電極、6…引出電圧、7…電子銃加速電圧、8…陽極、9…コンデンサレンズ、10…対物レンズ、11…絞り、12…調整つまみ、13…試料、14…試料ステージ、15…リターディング電圧、16…変換電極、17…シンチレータ、18…上走査偏向器、19…下走査偏向器、20…上イメージシフト偏向器、21～24…走査コイル、30…八極子偏向電極、31～38…イメージシフト偏向電極、39…シールド電極、40…偏向制御電源、49…偏向制御電源のオフセット電源、51…レーザ発光素子、52…レーザ光線、53…ポジションセンサ。

【書類名】 図面

【図 1】

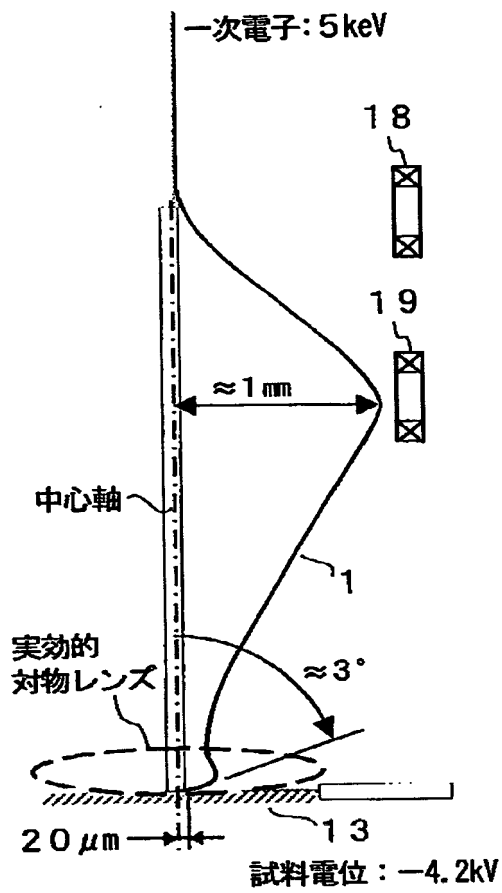
図 1



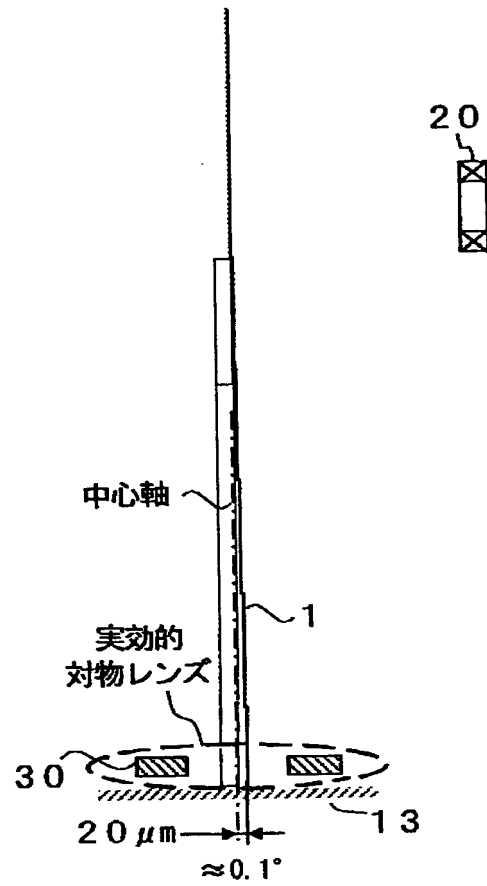
【図 2】

図 2

(1)従来のイメージシフト



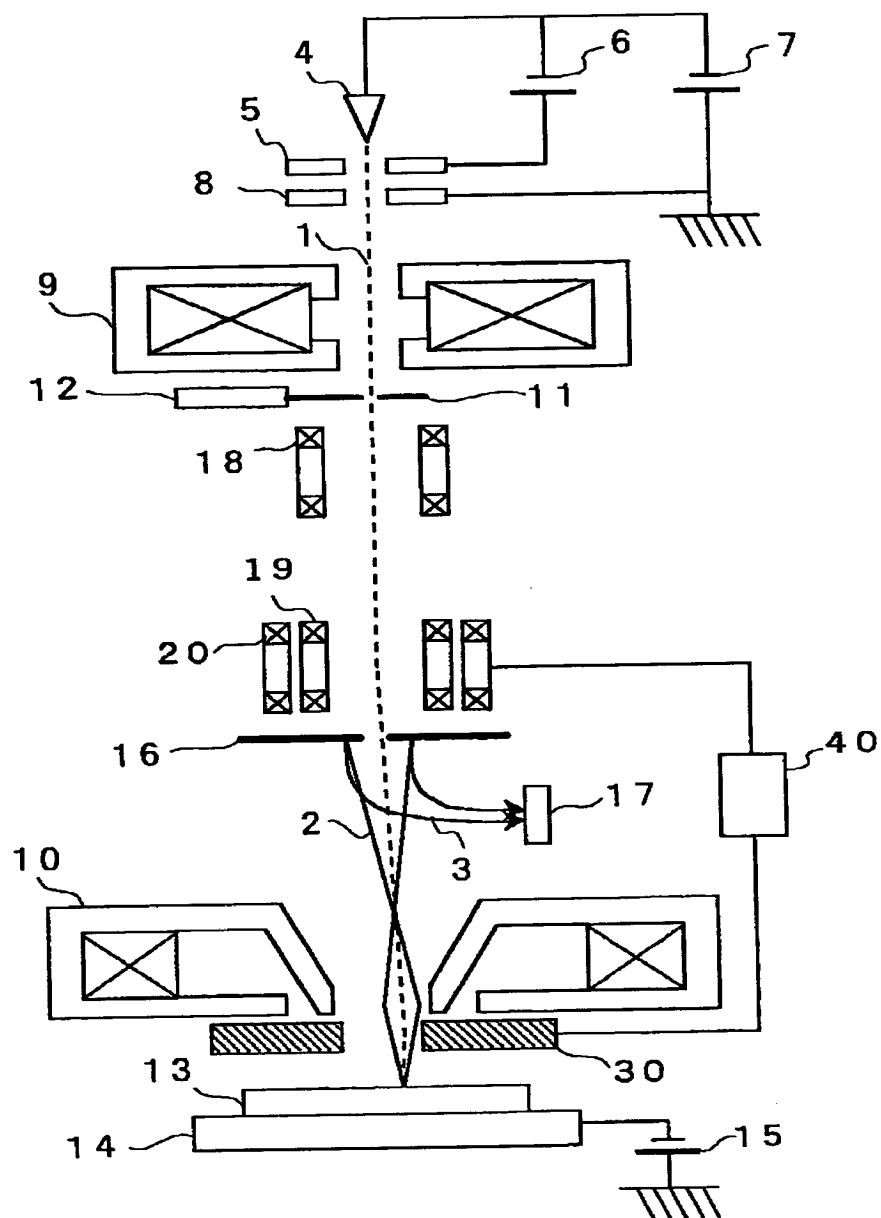
(2)本発明のイメージシフト





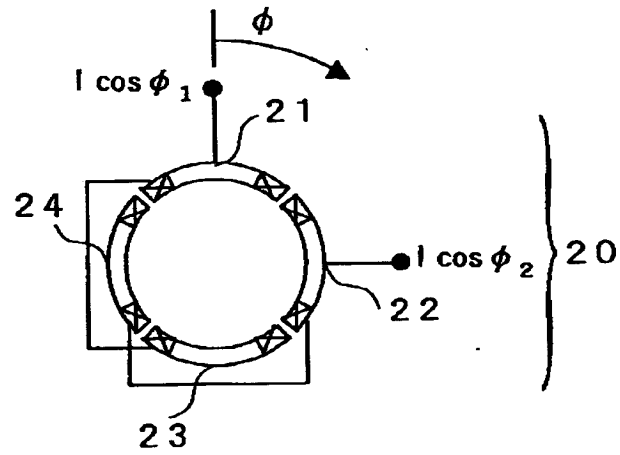
【図3】

図 3



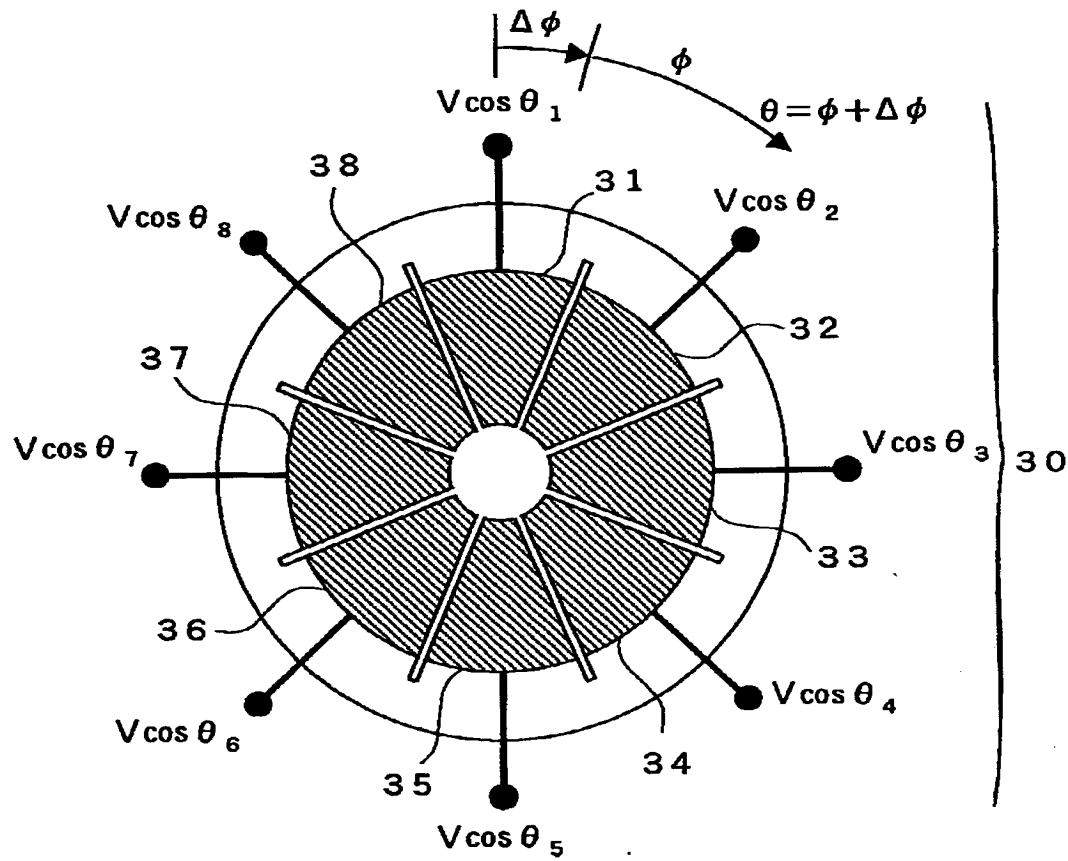
【図4】

図 4



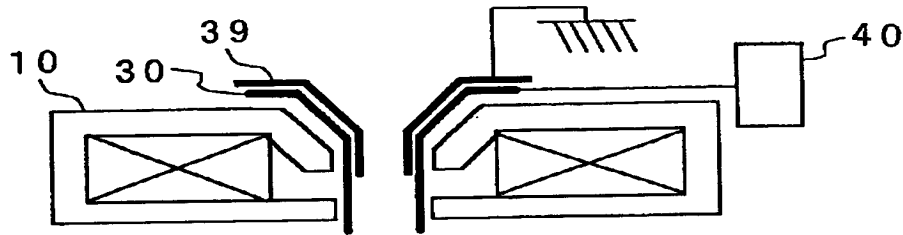
【図5】

図 5



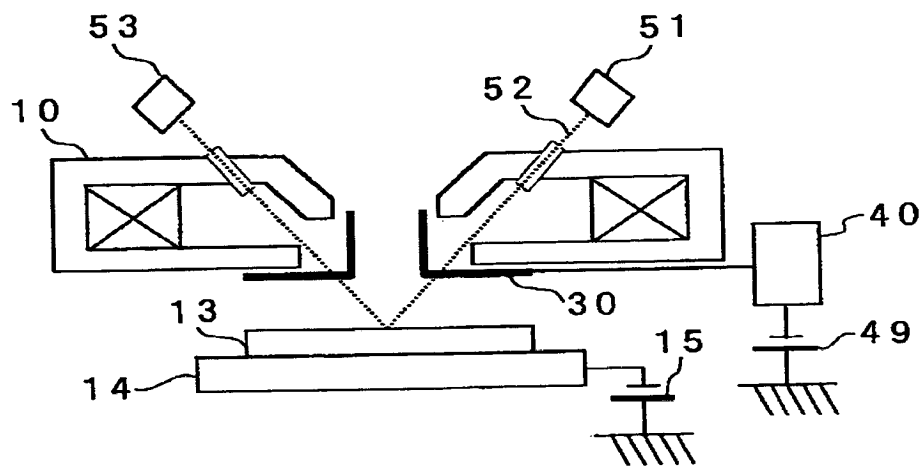
【図6】

図 6



【図7】

図 7



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

一次電子ビームの走査中心が中心軸から外れるに従って、軸外収差の増大によって分解能が低下することを防止する。

【解決手段】

上下二段のイメージシフト偏向器のうち下段のイメージシフト偏向器を多極子の静電偏向電極より構成し、かつ実効的な対物レンズの内部に配置する。

【効果】

イメージシフトによる移動量が大きい場合にも分解能および寸法測定精度が高い。従って、大面積ウェハかつ超微細化された半導体素子のプロセスにおいて、高精度かつ高スループットの検査が可能となる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-017991
受付番号	50005007777
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年 1月26日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 1月25日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所